



## Valorización de sangre de cuy liofilizada y caldo de cuy en la formulación de donas fortificadas: evaluación sensorial en niños de Tarma

*Valorization of freeze-dried guinea pig blood and guinea pig broth in the formulation of fortified donuts: sensory evaluation in children from Tarma*

<sup>a</sup>Rosario M., Bernaola Paucar<sup>1</sup> 

<sup>a</sup>Nora, Rodríguez Cangalaya<sup>1</sup> 

<sup>b</sup>Deysi A., Colachagua Calderon<sup>2</sup> 

<sup>a</sup>Ana V., Quintana Bernaola<sup>2</sup> 

<sup>a</sup>Nataly Vento Palpa<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma

<sup>2</sup>Institución Educativa Saco Oliveros

Recibido: Mayo, 2025 / Aceptado: Junio 2025 / Publicado: Junio 2025

### RESUMEN

La anemia por deficiencia de hierro continúa siendo un problema relevante en la población infantil de las zonas andinas, donde el acceso a fuentes de hierro con alta biodisponibilidad es limitado. Frente a esta situación, el aprovechamiento de subproductos locales como la sangre y el caldo de *Cavia porcellus* representa una alternativa con potencial para el desarrollo de alimentos funcionales culturalmente aceptados. El objetivo del estudio fue evaluar la aceptabilidad sensorial de donas fortificadas mediante la incorporación de sangre de cuy liofilizada y caldo de cuy, con el fin de analizar su viabilidad como estrategia para mejorar la ingesta de nutrientes esenciales en niños de la provincia de Tarma.

Se formularon dos tratamientos experimentales con cinco y diez gramos de sangre liofilizada, manteniendo constante la cantidad de caldo incorporado. La evaluación sensorial se realizó mediante una prueba hedónica aplicada a un panel de consumidores infantiles. Los resultados mostraron que ambos niveles de fortificación fueron aceptados de manera similar, sin diferencias perceptibles en los atributos de apariencia, color, aroma, sabor y textura, lo que evidencia una adecuada integración de los ingredientes en la matriz panificada.

La formulación con mayor sangre liofilizada destacó por su aporte nutricional y aceptación sensorial.

**Palabras clave:** Donas fortificadas, sangre de cuy, liofilización, aceptabilidad sensorial, alimentos funcionales, anemia infantil.

### ABSTRACT

Iron-deficiency anemia remains a significant concern among children living in Andean regions, where access to iron sources with high bioavailability is limited. In this context, the use of local by-products such as guinea pig (*Cavia porcellus*) blood and broth represents a promising alternative for the development of culturally acceptable functional foods. The objective of this study was to evaluate the sensory acceptability of fortified donuts incorporating freeze-dried guinea pig blood and guinea pig broth, in order to assess their feasibility as a strategy to improve the intake of essential nutrients among children in the province of Tarma.

Two experimental treatments were formulated using five and ten grams of freeze-dried blood, while keeping the amount of broth constant. Sensory evaluation was conducted through a hedonic test applied to a panel of child consumers. The results indicated that both fortification levels were similarly accepted, with no perceptible differences in appearance, color, aroma, flavor, or texture, demonstrating adequate integration of the ingredients within the baked matrix.

The formulation containing the higher amount of freeze-dried blood stood out for its enhanced nutritional contribution while maintaining sensory acceptance.

**Keywords:** Fortified donuts, guinea pig blood, freeze-drying, sensory acceptability, functional foods, childhood anemia.

## INTRODUCCIÓN

La anemia por deficiencia de hierro se mantiene entre los problemas nutricionales más frecuentes y persistentes en países de ingresos bajos y medios, con una carga especialmente alta durante la primera infancia, cuando las demandas de crecimiento y desarrollo son máximas. A escala global, se estima que alrededor del 40% de los niños de 6 a 59 meses presenta anemia, lo que refleja una magnitud compatible con un problema de salud pública de alta prioridad (OMS, 2023). Más allá de su frecuencia, la relevancia clínica radica en sus consecuencias: la anemia infantil se asocia con menor desarrollo cognitivo y motor, así como con impactos que pueden extenderse hacia etapas posteriores del ciclo de vida, afectando desempeño escolar y capacidades funcionales (Arndt et al., 2024). En escenarios donde la prevalencia supera el umbral del 40%, la propia OMS clasifica la situación como severa y recomienda intervenciones nutricionales sostenidas y focalizadas, lo que subraya la urgencia de estrategias alimentarias efectivas y culturalmente pertinentes (Escher et al., 2024). En conjunto, esta evidencia respalda la necesidad de innovaciones en fortificación alimentaria que incorporen fuentes de hierro de mayor biodisponibilidad y favorezcan la adherencia en población infantil.

En respuesta a este desafío, la investigación en alimentos funcionales ha priorizado el aprovechamiento de ingredientes locales capaces de aportar micronutrientes esenciales sin comprometer la aceptabilidad sensorial del consumidor infantil, especialmente en productos de alto consumo como panes y repostería (Ratti, 2021; Di Nunzio et al., 2020).

En el Perú, la biodiversidad alimentaria ofrece oportunidades para desarrollar productos funcionales basados en recursos tradicionales. El cuy (*Cavia porcellus*), ampliamente distribuido en los Andes, es reconocido por su elevado valor nutricional, con contenidos de proteína entre 20 % y 23 % y alta digestibilidad (Huamán et al., 2018).

Sin embargo, los subproductos obtenidos durante su procesamiento, como la sangre y el caldo, han recibido poca atención agroindustrial pese a su potencial para la fortificación alimentaria. La sangre de cuy contiene entre 28 % y 38 % de proteínas en su fracción de glóbulos rojos, con la hemoglobina como componente dominante y destacada fuente de hierro hemo de elevada biodisponibilidad (Kerry & Kerry, 2011). De forma complementaria, el caldo de cuy aporta proteínas solubles, minerales y vitaminas del complejo B, lo que lo convierte en un ingrediente viable para enriquecer matrices alimentarias (Muñoz & Vargas, 2024).

El procesamiento tecnológico es determinante para preservar el valor nutricional de estos subproductos. En particular, la liofilización constituye una de las técnicas más eficaces para estabilizar proteínas y compuestos bioactivos sensibles al calor. Su capacidad para reducir la actividad de agua y conservar componentes funcionales sin deterioro significativo la posiciona como una herramienta clave para valorizar insumos de origen animal (Rezvanikhah et al., 2020; Ratti, 2021). La aplicación de esta tecnología a la sangre



de cuy permite obtener un polvo estable, higiénico y funcional, apto para ser incorporado en productos de panificación dirigidos a poblaciones vulnerables. Por otro lado, el caldo de cuy, cuando es sometido a procesos de cocción controlada, retiene una fracción importante de aminoácidos esenciales y minerales, reforzando su utilidad como ingrediente en alimentos fortificados (Huamán & Carhuamaca, 2023).

A nivel regional, la provincia de Tarma presenta dos características relevantes: una fuerte tradición en la crianza de cuyes y una persistente incidencia de anemia infantil. No obstante, la limitada articulación entre saberes locales y tecnologías de conservación ha restringido el desarrollo de productos agroindustriales innovadores basados en subproductos de cuy (PRODUCE, 2022). La incorporación de sangre liofilizada y caldo de cuy en alimentos de alto consumo infantil, como las donas, podría ofrecer una alternativa nutricional accesible y culturalmente aceptada, alineada con principios de sostenibilidad y valorización de recursos autóctonos (ONU, 2019; FAO, 2020).

Sin embargo, la literatura disponible muestra escasos estudios que examinen cómo estos derivados influyen en las características sensoriales de productos panificados, especialmente en poblaciones infantiles. La aceptación sensorial es un factor crítico para garantizar la continuidad del consumo y, por ende, la efectividad nutricional de los alimentos fortificados (Espíritu & Aguayo, 2023). Además, investigaciones relacionadas con matrices panificadas fortificadas evidencian que es posible incrementar el valor nutricional sin afectar la aceptabilidad cuando se integran ingredientes proteicos o extractos deshidratados (Zou et al., 2022; Castillo-Martínez et al., 2022).

En este marco, el presente estudio tiene como objetivo general evaluar el impacto de la incorporación de sangre de cuy liofilizada y caldo de cuy en la aceptación sensorial de donas fortificadas, mediante pruebas hedónicas aplicadas a niños de la provincia de Tarma. Los objetivos específicos comprenden formular combinaciones experimentales con diferentes niveles de sustitución y analizar la respuesta sensorial en atributos de apariencia, color, aroma, sabor y textura. Este enfoque experimental busca aportar evidencia que oriente la formulación de alimentos funcionales basados en recursos locales y apoye iniciativas de prevención de anemia infantil.

El alcance del estudio abarca la evaluación sensorial controlada y el análisis de la variabilidad en la percepción infantil. Entre las limitaciones se reconoce que la aceptabilidad sensorial puede estar influida por factores culturales y preferencias individuales; además, los resultados nutricionales derivados del consumo no se evalúan de manera longitudinal, lo que abre líneas futuras de investigación clínica. Aun así, los hallazgos preliminares permiten avanzar hacia un modelo de aprovechamiento integral del cuy que fortalezca la innovación agroindustrial y promueva alternativas alimentarias sostenibles en la región andina.

## METODOLOGÍA

### Diseño experimental

El estudio se estructuró bajo un diseño experimental de un factor destinado a evaluar el efecto de distintos niveles de incorporación de sangre de *Cavia porcellus* liofilizada en la formulación de donas fortificadas. Se establecieron dos tratamientos (5 g y 10 g de sangre liofilizada por unidad de mezcla), manteniendo constante el volumen de caldo de cuy añadido. Cada tratamiento se replicó tres veces, generando seis unidades experimentales para análisis sensorial y estadístico.

### **Materias primas y caracterización biológica**

Los ejemplares de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) fueron obtenidos de crías con manejo uniforme, garantizando homogeneidad en parámetros fisiológicos. La identidad taxonómica siguió la nomenclatura internacional para mamíferos domésticos. La sangre y el caldo fueron recolectados bajo condiciones higiénicas, siguiendo buenas prácticas zootécnicas para evitar alteraciones en la composición proteica, lipídica y mineral.

Los ingredientes utilizados para la elaboración de las donas de harina de trigo fortificada, levadura seca, polvo de hornear, leche, azúcar, cocoa, aceite vegetal, huevo, esencia de vainilla y sal, fueron adquiridos comercialmente en grado alimentario. Se describen únicamente insumos críticos que modifican la composición funcional del producto final, tal como recomienda la literatura para estudios de fortificación alimentaria (Di Nunzio et al., 2020).

### **Procesamiento de liofilización de la sangre de cuy**

Se sacrificaron cuatro ejemplares de *Cavia porcellus* (1kg aproximadamente cada ejemplar), obteniéndose un total de 205 ml de sangre fresca. Tras 26 horas de liofilización continua, el volumen inicial se concentró en 17 g de polvo seco, rendimiento que se consideró adecuado para su uso como ingrediente funcional en la formulación de las donas. El polvo seco fue tamizado para obtener un polvo homogéneo, apto para mezclado en matrices alimentarias.

### **Obtención del caldo de cuy**

Se evaluó inicialmente la posibilidad de su liofilización. Aunque se procesó un litro de caldo sin sólidos, el rendimiento fue prácticamente nulo: solo se formó una película fina de aproximadamente 2 g, la cual se perdió durante la extracción debido a su fragilidad. Además, la baja concentración de sólidos dificultó notablemente la sublimación, por lo que se descartó esta técnica y el caldo se incorporó en su estado líquido para los tratamientos experimentales. El caldo de cuy utilizado se filtró y enfrió antes de su incorporación en las formulaciones. Se utilizó un volumen constante de 200 ml por tratamiento.

### **Formulación y elaboración de las donas fortificadas**

La formulación base consistió en harina de trigo (240 g), levadura seca (7 g), polvo de hornear (20 g), leche (205 ml), azúcar (140 g), cocoa (20 g), aceite vegetal (140 ml), huevo,



esencia de vainilla y sal. Los tratamientos se diferenciaron únicamente por la cantidad de sangre liofilizada añadida:

- T1: 5 g de sangre liofilizada + 200 ml de caldo
- T2: 10 g de sangre liofilizada + 200 m de caldo

Los ingredientes secos se homogeneizaron previamente; luego se incorporaron los líquidos hasta obtener una masa uniforme. Las donas fueron moldeadas y cocidas en un equipo eléctrico especializado a 170 °C, temperatura adecuada para garantizar formación de estructura y cocción interna.

Como cobertura decorativa, se concentró jugo de aguaymanto a > 90 °C y se mezcló con azúcar impalpable. La elección del aguaymanto responde a su aporte de ácido ascórbico, reconocido por potenciar la absorción de hierro hemo.

### **Evaluación sensorial**

La aceptabilidad sensorial constituyó la variable principal del estudio y fue evaluada mediante un panel infantil no entrenado, de acuerdo con procedimientos previamente descritos para productos funcionales dirigidos a población infantil (Espíritu & Aguayo, 2023). La evaluación se realizó utilizando una escala hedónica estructurada de cinco puntos, donde 1 correspondió a “me disgusta mucho” y 5 a “me gusta mucho”, aplicada a los atributos de apariencia, color, aroma, sabor y textura.

La población evaluadora estuvo conformada por niños de la provincia de Tarma. Como criterios de inclusión se consideraron la edad escolar, la capacidad de comprender instrucciones simples y la ausencia de alergias o intolerancias alimentarias relacionadas con los ingredientes del producto. Se excluyeron participantes con afecciones que pudieran alterar la percepción sensorial, como cuadros respiratorios agudos, trastornos del gusto u olfato, o rechazo previo al consumo de productos de panificación.

El tamaño del panel ( $n = 23$ ) se definió considerando recomendaciones metodológicas para estudios sensoriales exploratorios con consumidores infantiles, donde se sugiere un mínimo de 20 evaluadores para detectar tendencias de aceptación con adecuada variabilidad interindividual. Las muestras se presentaron en orden aleatorizado y codificadas con números de tres dígitos para minimizar sesgos. Cada panelista evaluó ambos tratamientos bajo condiciones controladas de iluminación y temperatura.

### **Análisis estadístico**

Los datos sensoriales fueron procesados mediante un ANOVA de un factor para determinar diferencias entre tratamientos, considerando un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Los análisis se realizaron en SPSS y Microsoft Excel, softwares comúnmente utilizados en estudios de tecnología alimentaria y sensometría. Cuando no se detectaron diferencias significativas, se interpretó que ambos niveles de sustitución mantenían aceptación equivalente, siguiendo

criterios estándar para análisis sensorial experimental.

### Consideraciones éticas

La participación infantil fue autorizada por tutores responsables. La degustación no implicó riesgos, no se realizó intervención clínica y se garantizó anonimato y bienestar de los participantes conforme a principios éticos para estudios sensoriales con menores.

## RESULTADOS

### Evaluación sensorial de las donas fortificadas

La aceptación sensorial de las donas elaboradas con 5 g y 10 g de sangre de cuy liofilizada mostró tendencias homogéneas en los atributos evaluados. Los panelistas infantiles calificaron de manera similar el color, aroma, sabor, textura y apariencia, sin manifestar diferencias perceptibles entre ambos tratamientos. Este comportamiento indica que la incorporación incremental de sangre liofilizada no afectó negativamente la percepción del producto final, aun cuando la sustitución proteica fue mayor en el tratamiento de 10 g.

En la Tabla 1 se presenta el análisis estadístico correspondiente, donde se observa que el valor de F obtenido fue menor a 1 y el p-valor superó el umbral de significancia de 0.05. De acuerdo con criterios estadísticos estándar, estos resultados confirman que no existen diferencias estadísticas significativas en la aceptabilidad sensorial entre los dos niveles de incorporación.

**Tabla N°01:**

*ANOVA de aceptabilidad sensorial en donas fortificadas con sangre de cuy liofilizada.*

| Fuente de variación    | Suma de cuadrados | gl        | Cuadrado medio | F calculado | p-valor |
|------------------------|-------------------|-----------|----------------|-------------|---------|
| Entre tratamientos     | Muy baja*         | 1         | Muy baja       | < 1         | > 0.05  |
| Dentro de tratamientos | Alta**            | 44        | —              | —           | —       |
| <b>Total</b>           | —                 | <b>45</b> | —              | —           | —       |

(N = 23 panelistas × 2 tratamientos = 46 observaciones)

\* La suma de cuadrados entre tratamientos fue mínima debido a la similitud de calificaciones.

\*\* La variación interna refleja diversidad natural de preferencias entre panelistas.

### Interpretación de los patrones sensoriales

La ausencia de diferencias significativas entre ambos tratamientos indica que los niños aceptaron de forma equivalente las donas preparadas con 5 g y 10 g de sangre liofilizada. Este resultado coincide con reportes previos que señalan que los productos de panificación pueden incorporar ingredientes funcionales sin alterar su perfil sensorial cuando la matriz



alimentaria posee suficiente capacidad de enmascaramiento (Zou et al., 2022; Castillo-Martínez et al., 2022).

Asimismo, los atributos más apreciados por los panelistas fueron el sabor y la textura, elementos decisivos para la aceptación infantil, lo cual demuestra que la matriz panificada logró integrar eficazmente los derivados del cuy sin generar rechazo. La variabilidad registrada entre individuos reflejada en la suma de cuadrados dentro de tratamientos es esperable en paneles con consumidores infantiles, quienes muestran mayor diversidad perceptual.

#### Selección del tratamiento óptimo

Aunque ambos niveles de sustitución obtuvieron calificaciones similares, se seleccionó el tratamiento con 10 g de sangre liofilizada para fases posteriores del estudio, debido a que:

1. Aporta mayor contenido proteico y de hierro hemo, elementos críticos en la formulación de alimentos funcionales dirigidos a prevenir la anemia infantil.
2. Mantiene la aceptabilidad sensorial, lo que confirma que la matriz panificada tolera niveles superiores de fortificación sin comprometer la experiencia del consumidor.

Esta decisión se alinea con la literatura que recomienda maximizar la densidad nutricional cuando no existen penalizaciones sensoriales significativas.

## DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio permiten interpretar que la incorporación de sangre de *Cavia porcellus* liofilizada, incluso en el nivel más alto de sustitución evaluado, no genera alteraciones perceptibles en la experiencia sensorial del consumidor infantil. Este hallazgo pone en evidencia la elevada capacidad de la matriz panificada para integrar ingredientes funcionales de origen animal sin comprometer atributos organolépticos esenciales. Tal comportamiento es consistente con reportes previos que describen una alta estabilidad sensorial en productos de repostería fortificados con proteínas o compuestos bioactivos, particularmente cuando se emplean matrices horneadas que facilitan la dispersión homogénea de partículas y pigmentos (Zou et al., 2022; Di Nunzio et al., 2020).

Desde un enfoque tecnológico, la ausencia de rechazo sensorial puede atribuirse a las propiedades funcionales inherentes a la sangre liofilizada. La hemoglobina, principal fracción proteica de la sangre, presenta elevada solubilidad y capacidad emulsificante, características que favorecen su incorporación en sistemas alimentarios sin inducir sabores metálicos ni texturas indeseables cuando se utiliza en proporciones moderadas (Ockerman & Hansen, 2000). Asimismo, la liofilización contribuye a preservar la estructura de proteínas y minerales, reduciendo procesos de oxidación y degradación térmica, lo que se traduce en una mayor estabilidad fisicoquímica y compatibilidad tecnológica del ingrediente (Rezvankhah et al., 2020; Ratti, 2021).

La aceptación observada en el panel infantil adquiere particular relevancia desde la perspectiva de salud pública. En el contexto peruano, donde la anemia ferropénica sigue

afectando de manera significativa a niños en edad escolar, el desarrollo de alimentos fortificados que mantengan perfiles sensoriales familiares resulta crucial para garantizar adherencia y consumo sostenido (OMS, 2023; MINSA, 2021). Estudios recientes enfatizan que los alimentos funcionales dirigidos a niños deben priorizar matrices ampliamente aceptadas, ya que la familiaridad sensorial constituye un determinante clave del consumo regular, incluso en formulaciones con mayor densidad proteica (Castillo-Martínez et al., 2022).

Los resultados también presentan implicancias tecnológicas relevantes. La ausencia de diferencias sensoriales entre tratamientos sugiere que el incremento de sangre liofilizada no afecta negativamente el comportamiento del sistema panificado, lo cual coincide con investigaciones que reportan estabilidad reológica de masas cuando la sustitución proteica se mantiene por debajo de rangos críticos, usualmente entre 10 y 15 % (Gómez et al., 2021; Liu et al., 2020). En este sentido, la matriz de la dona podría tolerar niveles superiores de fortificación, abriendo nuevas líneas experimentales orientadas a identificar el umbral máximo aceptable sin comprometer la calidad sensorial.

Desde el punto de vista nutricional, la selección del tratamiento con 10 g de sangre liofilizada representa una oportunidad concreta para incrementar el aporte de hierro hemo, reconocido por su mayor biodisponibilidad y eficiencia de absorción intestinal en comparación con fuentes no hemo (López et al., 2016; Arndt et al., 2024). Este aspecto resulta coherente con recomendaciones internacionales que promueven el uso de fuentes animales ricas en hierro hemo dentro de estrategias de prevención de anemia infantil. La incorporación complementaria de jugo de aguaymanto, fuente natural de ácido ascórbico, podría además potenciar la absorción del hierro, considerando la sinergia descrita entre vitamina C e hierro hemo (Escher et al., 2024; Mei et al., 2021).

No obstante, los hallazgos deben interpretarse considerando las limitaciones del estudio. El tamaño muestral, aunque adecuado para una evaluación sensorial exploratoria en población infantil, limita la generalización de los resultados a otros contextos socioculturales. Asimismo, la evaluación se centró exclusivamente en la aceptabilidad sensorial, sin incluir indicadores clínicos objetivos como concentraciones de hemoglobina o biomarcadores de estado férrico, lo que impide establecer efectos nutricionales directos. Adicionalmente, la variabilidad inherente a paneles infantiles podría introducir sesgos perceptuales, aunque estudios previos indican que esta heterogeneidad no compromete la capacidad discriminativa del panel (Arndt et al., 2024; Espíritu & Aguayo, 2023).

En conjunto, los resultados sugieren que la sangre de cuy liofilizada constituye un ingrediente funcional viable para el desarrollo de productos panificados fortificados dirigidos a población infantil. Este enfoque no solo contribuye a la diversificación de alimentos funcionales, sino que también promueve la valorización de recursos locales andinos, en concordancia con principios de sostenibilidad alimentaria y seguridad nutricional (ONU, 2019; FAO, 2020). La integración de innovación tecnológica con insumos tradicionales se



perfila, así como una estrategia prometedora para fortalecer la seguridad alimentaria regional y apoyar programas de prevención de anemia en zonas altoandinas

### **.CONCLUSIONES**

El presente estudio evaluó el efecto de la incorporación de sangre de *Cavia porcellus* liofilizada y caldo de cuy en la elaboración de donas fortificadas dirigidas a población infantil de la provincia de Tarma. Se formularon dos niveles de sustitución con 5 g y 10 g de sangre liofilizada, manteniendo constante la cantidad de caldo, y se determinó la aceptabilidad sensorial mediante una prueba hedónica aplicada a un panel de consumidores infantiles. El objetivo fue identificar si la fortificación con estos insumos autóctonos influía en los atributos organolépticos del producto y si su incorporación podía considerarse viable para el desarrollo de alimentos funcionales orientados a la prevención de anemia.

Los resultados demostraron que ambos niveles de sangre liofilizada fueron aceptados de manera similar por los panelistas, sin evidenciar variaciones significativas en apariencia, color, aroma, sabor o textura. Esta respuesta sensorial homogénea indica que la matriz panificada es capaz de integrar cantidades moderadas de sangre liofilizada sin generar rechazo, incluso cuando se incrementa el nivel de sustitución. Estos hallazgos refuerzan el potencial de los derivados del cuy como ingredientes funcionales y subrayan la pertinencia de aprovechar recursos locales mediante tecnologías de preservación como la liofilización.

A partir de la estabilidad sensorial observada, el tratamiento con 10 g de sangre liofilizada fue seleccionado como la formulación más promisorio debido a su mayor aporte nutricional. Este resultado constituye un paso relevante hacia el desarrollo de productos fortificados culturalmente aceptables y tecnológicamente viables, con potencial para integrarse en estrategias alimentarias dirigidas a mejorar la ingesta de hierro en niños. El estudio abre la posibilidad de investigaciones futuras que evalúen el impacto nutricional real del producto, así como el análisis de su comportamiento tecnológico e incorporación en programas alimentarios escolares.

### **AGRADECIMIENTO**

Los autores expresan su sincero agradecimiento al Instituto de Investigación en Tecnologías Altoandinas por el apoyo y las facilidades brindadas durante el desarrollo de este trabajo. Asimismo, reconocen al Dr. Rafael Malpartida, Director del Instituto, cuyo compromiso y orientación hicieron posible el uso del equipo de liofilización y de los espacios de investigación necesarios para la fase experimental. Su colaboración fue fundamental para asegurar el rigor técnico de los procedimientos y para fortalecer los avances científicos alcanzados en este estudio.

### **REFERENCIAS**

Arndt, M. B., Abate, Y. H., Abbasi-Kangevari, M., Abd ElHafeez, S., Abdelmasseh, M., Abd-Elsalam, S., Abdulah, D. M., Abdulkader, R. S., Abidi, H., Abiodun, O., Aboagye, R. G., Abolhassani, H., Abtew, Y. D., Abu-Gharbieh, E., Abu-Rmeileh, N. ME., Acuna,

- J. M., Adamu, K., Adane, D. E., Addo, I. Y., Reiner, R. C. (2024). Global, regional, and national progress towards the 2030 global nutrition targets and forecasts to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet* , 404(10471), 2543-2583. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01821-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01821-X).
- Astuhumán Valverde, Y., & Teodoro Ramírez, S. (2019). Evaluación de secado por diferentes técnicas para la obtención de harina a partir de la sangre del cuy (*Cavia porcellus*) (Tesis). Universidad Nacional Hermilio Valdizán. In: [tps://repositorio.unheval.edu.pe/item/ce4d6e15-5c37-4924-9ad8-c5e7b4544874](https://repositorio.unheval.edu.pe/item/ce4d6e15-5c37-4924-9ad8-c5e7b4544874).
- Castillo-Martínez, W., Simpalo-López, W., Galarreta-Oliveros, G., & Miñan-Olivos, G. (2022). Suplemento alimenticio en polvo formulado a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) y carne de cuy (*Cavia porcellus*) precocida liofilizada. 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, 18–22. In: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/6070>.
- De Loughery, T. (2014). Microcytic anemias. *The New England Journal of Medicine*, 371(14), 1324–1331.
- Di Nunzio, M., Picone, G., Pasini, F., Chiarello, E., Caboni, M. F., Capozzi, F., Gianotti, A., & Bordoni, A. (2020). Olive oil by-product as functional ingredient in bakery products. arXiv. In: <https://arxiv.org/abs/2003.03223>.
- Espíritu Becerra, R. B., & Aguayo Cajas, H. (2023). Aceptabilidad de pan funcional de sangre de cuy, anacardo, finas hierbas para combatir la anemia ferropénica Huaura-2022 (Tesis). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. In: [tps://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7947/TESIS\\_Final-aguayo-pan\\_de\\_sangrecita\\_de\\_cuy\\_-28-04-2023-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7947/TESIS_Final-aguayo-pan_de_sangrecita_de_cuy_-28-04-2023-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Escher, N. A., Andrade, G. C., Ghosh-Jerath, S., Millett, C., & Seferidi, P. (2024). The effect of nutrition-specific and nutrition-sensitive interventions on the double burden of malnutrition in low-income and middle-income countries: A systematic review. *The Lancet Global Health*. In: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(23\)00562-4](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(23)00562-4).
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. In: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/ca9692es>.
- Flores-Mancheno, C., Duarte, C., & Salgado-Tello, I. (2016). Caracterización de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) para utilizarla en la elaboración de un embutido fermentado. *Revista Ciencia y Agricultura*, 14(1), 39–45.
- Hinojosa Benavides, R., Condori Ramos, G., León Laurente, C., Espinoza Quispe, C., & Yzarra Aguilar, A. (2022). Dietas alimenticias y valor nutritivo de la canal en *Cavia porcellus*. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 6(17), 346–356.
- Huamán, R., Apaza, A., & Gutiérrez, F. (2018). Composición nutricional de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) y su potencial alimentario. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 5(2),



55–61.

- Huamán Bravo, M., & Carhuamaca Espinoza, R. B. (2023). Efectos de dos tipos de cocción sobre las propiedades fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos del caldo de cuy (*Cavia porcellus*) (Tesis). Universidad Roosevelt. <http://repositorio.uroosevelt.edu.pe/handle/20.500.14140/1549>
- Ishwarya, S. P., Anandharamakrishnan, C., & Stapley, A. G. (2015). Liofilización por atomización: un proceso novedoso para el secado de alimentos y bioproductos. *Trends in Food Science & Technology*, 41(2), 161–181.
- Kerry, P., & Kerry, J. F. (2011). *Processed meats: Improving safety, nutrition and quality* (2nd ed.). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857092946>.
- López, A., et al. (2016). Iron deficiency anaemia. *The Lancet*, 387: 907–919.
- Martínez, A., Daza, L. E., Grajales, L. M., & Orrego, C. E. (2006). Determinación de la difusividad efectiva del vapor de agua en un producto liofilizado. En *Memorias del VI Seminario Nacional e Internacional de Frutales* (pp. 1–6). Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. In: <https://repositorio.unal.edu.co/search?spc.page=4&spc.sf=dc.date.accessioned&spc.sd=DESC>.
- Mei, Z., et al. (2021). Physiologically based serum ferritin thresholds for iron deficiency in children and non-pregnant women. *The Lancet Haematology*, 8(8), e572–e582.
- Ministerio de la Producción (PRODUCE). (2022). Informe sobre cadenas productivas regionales: Agroindustria en Tarma. Ministerio de la Producción del Perú. In: <https://www.gob.pe/produce>.
- Ministerio de Salud del Perú (MINSA). (2021). Tabla peruana de composición de alimentos (3.<sup>a</sup> ed.). Ministerio de Salud del Perú. In: <https://www.gob.pe/minsa>
- Morales, D., Vargas, L., & Quinteros, K. (2020). Evaluación del efecto de la liofilización en la conservación de compuestos bioactivos en alimentos andinos. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 18(1), 45–52.
- Muñoz Zambrano, M., & Vargas Zambrano, P. (2024). Parámetros físicos y químicos de la transformación de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). *Journal of Science and Research*, 9(4), 1–13.
- Ockerman, H. W., & Hansen, C. L. (1999). *Animal by-product processing & utilization* (1st ed.). CRC Press / Taylor & Francis Group. In: [https://books.google.com.pe/books/about/Animal\\_By\\_Product\\_Processing\\_Utilization.html?id=ZUxZDwAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Animal_By_Product_Processing_Utilization.html?id=ZUxZDwAAQBAJ&redir_esc=y).
- Parés, D., Toldrà, M., Saguer, E., & Carretero, C. (2014). Ampliación del proceso para la obtención de ingredientes funcionales basados en concentrados de proteínas plasmáticas. *Meat Science*, 96(1), 304–310.
- Parra, A. S., Acosta, C. H., Andrade, J. J., & Guerra, M. C. (2016). Análisis proximal y perfil de ácidos grasos de vísceras de cuy (*Cavia porcellus*). *AGROS*, 8(1), 25–31.
- Ramírez Navas, J. S. (2006). *Liofilización de alimentos*. Universidad del Valle. Edición: 2006

- © ReCiTeIA. Volumen 6 (2), Cali, Valle, Colombia. In: [https://www.researchgate.net/publication/259620189\\_Liofilizacion\\_de\\_alimentos](https://www.researchgate.net/publication/259620189_Liofilizacion_de_alimentos)
- Ratti, C. (2021). Freeze-drying for food powder production: Principles and technological considerations. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12, 261–284.
- Rezvankhah, A., Emam-Djomeh, Z., & Askari, G. (2020). Bioactive compound encapsulation: Characteristics, applications in food systems, and implications for human health. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 3044–3061. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.106>.
- Quispe, N., Salazar, R., & Taipei, E. (2023). Composición nutricional del aguamiel de Agave cordillerensis. *Revista Andina de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 4(1), 20–29.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). “Anemia”. In: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>, <https://www.who.int/news/item/13-02-2025-combatting-anaemia-through-improved-measurement-diagnosis-and-reporting>.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2019). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019. Naciones Unidas. In: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/>.
- Zou, L., Li, L., Pan, Q., Wang, D., & Liu, W. (2022). Bioactive compound preservation in fruit and vegetable powders via freeze-drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(5), e16409.